

TÍNH TOÁN CÁC THAM SỐ TỐC ĐỘ KHI LẬP TRÌNH MÁY CNC

Khi lập trình phay CNC có hai tham số quan trọng liên quan đến máy là tốc độ tiến dao theo chiều ngang (feed rate) và tốc độ cắm dao theo chiều thẳng đứng (plug rate)

I. Cách tính tốc độ feed rate

Tốc độ **feedrate (F)** của máy CNC khi cắt vật liệu được tính dựa trên **tốc độ quay spindle**, **số lưỡi cắt**, và **lượng ăn dao mỗi răng**.

1. Công thức tính Feedrate khi phay (Milling)

Khi biết trước tốc độ quay của trục chính ta có thể tính toán được tốc độ cắt nhanh nhất cho phép theo công thức sau:

$$F = n \times z \times fz \quad (\text{mm/phút})$$

Trong đó:

- **F** = Feedrate (mm/phút)
- **n** = Tốc độ spindle (vòng/phút – RPM)
- **z** = Số lưỡi cắt của dao hay còn gọi là số me (number of flutes)
- **fz** = Lượng ăn dao mỗi răng (feed per tooth, mm/tooth)

Ví dụ 1:

Dao phay 2 me, spindle 20 000 rpm, $fz = 0.02$ mm/tooth:

$$\rightarrow F = 20\,000 \times 2 \times 0.02 = \mathbf{800 \text{ mm/min}}$$

2. Cách chọn Lượng ăn dao mỗi răng (fz)

Tùy vật liệu và đường kính dao:

— Nhôm (Aluminum):

- Dao 3–6 mm: $fz = 0.015 - 0.03$ mm/tooth
- Dao 6–12 mm: $fz = 0.03 - 0.06$ mm/tooth

— Thép (Steel):

- Dao nhỏ 3–6 mm: $f_z = 0.005 - 0.015$
- Dao 6–12 mm: $f_z = 0.01 - 0.03$

— **Gỗ / nhựa:**

- 0.03 – 0.1 mm/tooth (rất thoáng)

3. Công thức khi tiện (Turning)

$$F = f \times n$$

Trong đó:

- **F** = Feedrate (mm/min)
- **f** = Lượng ăn dao mỗi vòng (mm/rev)
- **n** = Tốc độ quay spindle (rpm)

4. Công thức tốc độ quay của trục chính

Từ tốc độ cắt có thể tính tốc độ quay của trục chính rpm hợp lý:

$$F = \pi \times D \times n / 1000 \text{ (mm/phút)}$$

→ Suy ra tốc độ trục chính cần thiết là:

$$n = (1000 \times V_c) / (\pi \times D) \quad \text{(vòng/phút)}$$

Trong đó:

- **F** = tốc độ cắt feedrate (m/phút)
- **D** = đường kính dao (mm)

II. Các tính tốc độ Plug Rate

Tốc độ cắm dao xuống không có một công thức cụ thể nào chính xác, tuy nhiên có thể tính toán theo các công thức kinh nghiệm dưới đây.

1. Cách tính thông dụng nhất

Plunge Rate = 10% – 30% của Feedrate Phay (XY)

Áp dụng cho hầu hết máy CNC, đặc biệt là máy nhỏ, chất liệu nhôm, gỗ, nhựa.

Ví dụ:

Feedrate phay $F_{xy} = 400$ mm/phút

→ Plunge rate $\approx 40\text{--}120$ mm/phút

2. Công thức kỹ thuật (theo lượng ăn dao mỗi răng theo Z)

Nếu muốn tính chuẩn theo máy công nghiệp:

$$P = n \times z \times fz_z$$

Trong đó:

- **P** = tốc độ cắm dao xuống (mm/phút)
- **n** = tốc độ spindle (vòng/phút)
- **z** = số me dao
- **fz_z** = lượng ăn dao mỗi răng theo trục Z (mm/răng)

⚠ Lưu ý:

fz_z thường **nhỏ hơn 5–10 lần** fz khi phay ngang.

Giá trị gợi ý (fz_z):

Vật liệu	Dao 3–6 mm	Dao 6–12 mm
Nhôm	0.002 – 0.01 mm/tooth	0.01 – 0.02
Thép	0.001 – 0.005	0.005 – 0.01
Gỗ/nhựa/PVC	0.01 – 0.05	0.02 – 0.08

3. Quy tắc đơn giản theo loại dao

Loại dao	Plunge Rate tối đa
Dao 1 me (1 flute)	20–40% feedrate
Dao 2 me	15–30% feedrate
Dao 3 me trở lên	10–20% feedrate
Dao không phải geometry center-cut	<i>Không được plunge thẳng Z</i>

4. Theo độ cứng máy (cực quan trọng)

- Máy CNC nhỏ, DIY, spindle 500–800W → chỉ nên dùng 10–20% feedrate
- Máy cứng chắc, spindle 1.5–2.2kW → 20–40%
- Máy công nghiệp BT30/BT40 → dùng công thức chuẩn theo fz_z

5. Ví dụ tính thực tế

Máy của bạn:

Spindle 800 W hoặc tương đương, phay nhôm, dao 6 mm 2 me, rpm = 20,000 rpm, fz = 0.02

Feedrate phay:

$$F = 20000 \times 2 \times 0.02 = \mathbf{800 \text{ mm/min}}$$

Plunge rate:

$$\rightarrow 15\text{--}20\% \times 800 = \mathbf{120\text{--}160 \text{ mm/min}}$$

Nếu tính theo fz_z:

$$fz_z = 0.002$$

$$P = 20000 \times 2 \times 0.002 = \mathbf{80 \text{ mm/min}}$$